

雨季条件下高速公路边坡防护施工技术要点探讨

黄潇潇

云南云岭高速公路交通科技有限公司 云南 昆明 650000

【摘要】：雨季高速公路边坡防护施工受降雨影响大，易出现土体稳定性下降、排水不畅、材料工艺管控不到位等问题，引发边坡坍塌、坡面冲刷等病害。本文通过前期开展边坡勘察与风险评估、布设临时排水系统、做好材料设备防护，施工中把控加固支护、坡面防渗等关键工序，完善监测与应急处置，落实全过程质量安全管控及病害修复等措施，有效降低了雨季施工风险，保障了边坡结构稳定与施工安全，为雨季高速公路边坡防护施工提供了技术支撑。

【关键词】：雨季边坡防护；高速公路；施工技术；降雨入渗；质量管控

DOI:10.12417/2811-0722.26.04.033

引言

高速公路边坡作为路基工程的重要组成部分，其稳定性直接关系到道路运营安全与使用寿命。我国多数地区雨季降雨集中、强度大、持续时间长，雨水入渗、径流冲刷与土体软化极易引发边坡局部溜塌、整体滑坡及坡面冲沟等病害，给边坡防护施工带来严峻挑战。在雨季复杂水文地质条件下，常规施工工艺难以满足安全与质量要求，施工组织、排水设计、材料管控及应急处置等环节均需针对性优化。本文结合雨季边坡施工常见问题，从前期准备、主体施工、质量管控等方面系统探讨防护技术要点，旨在提升雨季边坡防护施工的科学性与可靠性，保障高速公路建设与运营安全。

1 雨季高速公路边坡防护施工存在的主要问题

1.1 雨季降雨对边坡土体稳定性的影响

雨季集中持续的降雨会持续渗透至边坡土体内部，打破土体原有结构平衡，导致土体含水量急剧升高、孔隙水压力显著增大，进而降低土体颗粒间的黏聚力和内摩擦力，使边坡土体抗剪强度大幅下降。降雨形成的坡面径流会对边坡表层土体产生冲刷作用，长期冲刷会带走表层松散土颗粒，形成细小冲沟，若未及时处理，冲沟会不断加深加宽，逐步破坏边坡坡面完整性^[1]。雨水渗透至边坡内部薄弱层或地下水水位上升，会使土体处于饱和状态，增加边坡自重，当土体所受剪切力超过其抗剪强度极限时，极易引发边坡坍塌、滑坡等地质灾害，不仅破坏已完成的防护施工成果，还会对施工安全造成严重威胁，影响高速公路边坡防护施工的顺利推进。

1.2 雨季施工排水系统不畅引发的病害

雨季高速公路边坡施工中，排水系统不畅会直接加剧土体含水率上升，弱化边坡整体稳定性。持续降雨条件下，地表径流无法快速疏导，易在坡面形成积水与漫流，冲刷表层土体导致细颗粒流失，引发坡面冲沟、剥落等病害。未及时完善的临时排水设施易出现堵塞、断裂、标高不足等问题，雨水沿裂隙渗入坡体内部，增大土体自重与孔隙水压力，降低土体抗剪强度。坡脚部位长期积水浸泡，会造成基底软化、承载力下降，

诱发局部滑移与沉陷变形。截排水系统衔接不到位，还会使水流冲刷边坡坡脚及周边路基结构，影响支护结构与坡面防护层的牢固程度，加剧边坡失稳风险。

1.3 雨季施工材料与工艺管控不到位问题

雨季施工材料与工艺管控不足，会直接影响高速公路边坡防护结构的稳定性与耐久性。雨水冲刷、环境湿度偏高易使砂石、水泥、土工合成材料等原材料受潮结块、性能衰减，进场材料缺乏有效防雨遮盖，堆放场地排水不畅易受积水浸泡，造成材料强度与黏结性能下降。边坡防护施工中，混凝土浇筑、锚杆注浆、格构梁施工等关键工序受雨水干扰明显，未按雨季专项方案控制水胶比、注浆压力及养护时间，易出现蜂窝麻面、注浆不密实等质量问题。坡面防护层施工未避开强降雨时段，基层含水率超标即开展后续工序，会导致防护层与坡面黏结不牢，产生空鼓、脱落现象。现场工艺管控不到位，排水及截排水设施施工质量缺乏全过程把控，边坡失稳风险进一步加大。

2 雨季高速公路边坡防护施工前期准备技术

2.1 雨季施工前边坡勘察与风险评估

雨季施工前的边坡勘察应全面囊括边坡区域地质状况、水文特质及周边境况，重点核查岩土体类别、岩层走向、风化等级与地下水赋存状态，借助地质雷达、钻孔取样等专业技术手段，精准获取岩土体含水率、抗剪强度等关键参数，厘清边坡潜在滑塌、冲刷、崩落等安全隐患的具体分布区域^[2]。风险评估需整合勘察实测数据与雨季降水强度、持续时长等气象预报资料，剖析不同降水场景下边坡岩土体稳定性的演变态势，划分风险层级，对高陡边坡、岩土体松散路段、地下水富集区域等关键地段，深化风险成因研判，界定风险发生概率及影响范畴，为后续靶向制定防护举措、布设防护构造提供精准勘察参数与科学评估支撑，保障防护施工契合现场工况且兼具针对性。

2.2 雨季施工临时排水系统布设技术

雨季高速公路边坡防护施工前期准备中，临时排水系统布设需结合现场地形、汇水范围及边坡坡度进行精细化布置，沿

边坡坡顶外侧设置截水沟，沟体采用防渗材料砌筑或现浇成型，断面尺寸依据当地降雨强度确定，确保坡面上方雨水快速外排，避免下渗软化边坡土体。边坡坡面按一定间距布设纵向及横向泄水沟槽，沟槽顺直通畅且与坡脚排水设施顺畅衔接，防止局部积水冲刷坡面。边坡坡脚设置连续式排水沟，与路基边沟、区域排水管网形成闭环排水体系，同时配备临时集水井、抽排水设备，应对强降雨时段突发积水。排水设施衔接部位做防渗与加固处理，沟内设置沉沙池，减少泥沙堵塞，提升排水系统稳定性与抗冲刷能力，为边坡防护作业提供干燥稳定的作业条件。

2.3 雨季施工材料与设备防护措施

雨季施工材料与设备防护需结合降雨特点制定专项防护方案，水泥、砂石、外加剂等易受潮材料需存放在封闭性良好的库房地面抬高处理并铺设防潮垫层，避免雨水浸泡导致性能失效。钢筋、型钢等金属构件堆放时设置专用支架，表面覆盖防水篷布并做好密封处理，定期检查除锈防腐情况，防止锈蚀影响结构强度。土工格栅、防水卷材等柔性材料分类存放，远离水源与尖锐物品，保持包装完整。施工机械停放于地势较高、排水通畅区域，电气系统、操控面板加装防雨罩，配电箱做好接地与防水密封，避免短路漏电。运输车辆、搅拌设备、注浆机具等提前完成检修保养，易损部件储备充足，降雨间隙及时清理设备表面积水与泥浆，确保机具始终处于稳定运行状态，为边坡防护连续施工提供可靠保障。

3 雨季高速公路边坡主体防护施工关键技术

3.1 雨季边坡加固与支护施工控制

雨季边坡加固与支护施工须严格把控施工时机，优先选择降雨间隙、边坡土体含水量适宜的时段作业，坚决避开暴雨、连阴雨等极端天气，防止雨水浸泡致使土体软化、抗剪强度降低而引发边坡失稳^[3]。施工前应对边坡坡面全面清理，铲除浮土、松动石块及各类杂物，对局部破损、凹陷区域修补找平，保证支护结构与坡面紧密贴合。锚杆、锚索施工宜采用干钻工艺，避免湿钻泥浆堵塞孔道，成孔后及时清孔，快速安放锚杆、锚索并完成注浆；注浆选用抗水型水泥砂浆，确保注浆饱满密实，注浆压力控制在合理范围，保障锚固质量。喷射混凝土支护需严格控制配合比，合理掺加速凝剂以缩短凝结时间，降低雨水冲刷风险；喷射厚度应均匀，施工后及时覆盖养护，防止表面起砂、开裂；同时按要求设置排水孔，及时疏排坡面积水，减小水压力对支护结构的不利影响，确保边坡整体稳定与施工安全。

3.2 雨季坡面防护与防渗施工要点

雨季坡面防护需结合降水特点，优先落实坡面找平修整工作，清除坡面松动岩土、浮渣及杂物，确保坡面平整度符合施工规范，避免雨水在坡面形成汇流冲刷。坡面防护材料选用需

兼顾防水性与抗冲刷能力，采用喷播植草防护时，需提前在坡面铺设土工格栅，增强坡面整体性，喷播混合料需控制黏土、纤维及草种的配比，喷播后及时覆盖无纺布保湿固土，防止雨水冲刷导致草种流失。防渗施工需同步推进，在坡面坡脚、坡肩及坡面转折处设置防渗沟，沟内铺设防渗膜与透水管，确保雨水能快速排出，避免渗入边坡内部。坡面缝隙需采用防水砂浆嵌填密实，对坡面局部凹陷处进行找平处理，防止雨水沿缝隙渗透引发边坡失稳，同时定期检查防渗设施的完整性，及时修补破损部位，保障防渗效果持续稳定见图1。

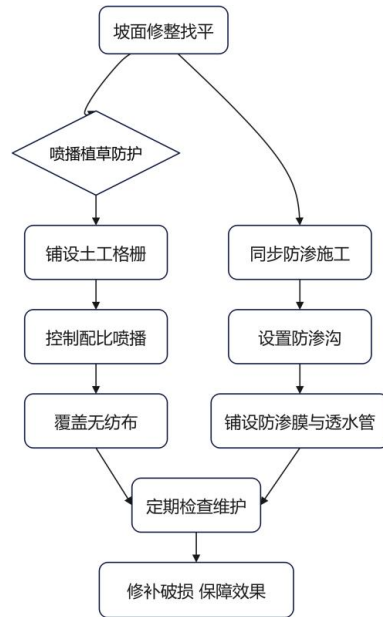


图1 雨季坡面防护与防渗维护流程图

3.3 雨季边坡监测与应急处置技术

雨季高速公路边坡监测依托空天地一体化监测体系，在坡顶、坡腰、坡脚及潜在滑移面布设GNSS位移监测站、倾角传感器、裂缝计与渗压计，搭配雨量监测设备构建全域感知网络，强降雨时段自动提升采样频率，实时捕捉坡面变形、内部含水率与锚索应力变化，数据经无线传输至云端平台完成分析与预警判定。现场执行雨前排查、雨中巡查、雨后核查的全流程管控，结合无人机航拍与人工抵近观测，精准识别裂缝扩展、渗水突增、土体溜塌等灾变前兆，依据位移速率、变形量与降雨强度划定预警等级。应急处置环节按照预警等级快速响应，划定警戒区域并实施交通管控，同步开展坡面临时覆盖、排水系统疏通与坡脚反压加固，出现深层滑移迹象时立即撤离作业人员与设备，待雨停坡体稳定后开展削坡减载、补打锚杆与修复排水设施，全过程衔接监测数据与处置动作，保障边坡在持续降雨条件下的结构稳定与施工安全。

4 雨季高速公路边坡防护施工质量管控措施

4.1 雨季施工全过程质量监督

雨季施工质量监督需覆盖边坡防护全流程，施工前应对作

业区域地质状况、降雨特征开展全面核查,结合边坡倾角、高程及岩土体特性制定专属监督方案,明确各工序质量准则与监督核心,对防护耗材实施严格检测,重点核验锚杆、锚索、喷射混凝土等的强度指标、抗渗性能及耐久效能,严禁不合格耗材投入使用。施工阶段需动态追踪边坡位移、沉降及地下水变动,依托专业监测设备定时采集数据并分析异常情形,同步管控各工序施工成效,喷射混凝土作业重点管控配合比精度、喷射层厚度及养护措施,锚杆布设需核查钻孔深度、孔径规格及锚固剂浇筑质量,保障锚固效能契合设计标准^[4]。防护工程完工后需全面核查外观品相与结构完好性,重点排查裂缝、松动、脱落等安全隐患,对检出问题及时落实整改举措,详实留存全程监督资料,保障各施工工序契合质量规范,维护雨季边坡防护工程的稳固性与安全性。

4.2 雨季施工安全防护与作业规范

雨季施工需提前对边坡作业区域进行全面排查,在坡顶、坡脚及作业边缘设置高度不低于1.2米的防护栏杆,栏杆底部加装挡脚板,防止人员坠落及物料滚落。作业面需铺设防滑垫板,坡面不稳定区域悬挂安全网,网体与坡面贴合紧密,无松动、破损现象。降雨期间严禁进行边坡开挖、锚杆植入等高空及扰动坡面的作业,雨后需对坡面、防护设施及作业平台进行全面检查,确认无坍塌、滑坡隐患后,方可恢复作业。作业人员需穿戴防滑鞋、雨衣等防护用品,携带应急照明设备,避免在暴雨、雷电天气下露天作业。现场需配备足够的排水设备,及时排除作业区域积水,防止雨水浸泡边坡基底引发安全事故,同时规范物料堆放,将防护材料、施工机具放置在地势较高、排水通畅的区域,做好防潮、防冲刷处理。

参考文献:

- [1] 张梦柯.高速公路路基边坡防护及支护施工技术研究[J].工程建设与设计,2025,(06):184-186.
- [2] 王军.高速公路路基高边坡防护施工技术研究[J].运输经理世界,2024,(28):47-49.
- [3] 邹旭.高速公路建设中的框架锚索边坡防护施工技术[J].四川建材,2021,47(02):121-122.
- [4] 陈小洪.高速公路路基边坡防护及支护施工技术研究[J].工程技术研究,2021,6(16):85-86.
- [5] 冯志奎.高速公路高边坡防护中预应力锚索的施工技术研究[J].交通世界,2020,(21):46-47.

4.3 雨季施工病害修复与效果保障

雨季高速公路边坡易发生坡面冲刷、局部坍塌、防护结构破损及排水系统堵塞等病害,应根据病害类型、严重程度及现场水文地质条件,采取针对性修复措施。对坡面冲刷部位,先清理沟槽内浮土与杂物,用水泥砂浆嵌补找平,再铺设土工格栅或喷射混凝土加固,提升坡面平整度与整体性,遏制冲刷发展。局部坍塌区域需先卸载上方松散土体,设置临时支护避免二次坍塌,采用浆砌片石或锚杆框架回填加固,分层夯实并保证压实度满足设计要求^[5]。防护结构破损处应拆除破损段,清理基层并洒水湿润,按原设计标准重新砌筑或浇筑,确保新旧结构衔接可靠、强度达标。此外,需定期检查疏通修复区域及周边排水系统,及时排除积水与杂物,持续监测边坡位移、沉降及结构受力状态,依据监测结果优化修复方案,保障边坡长期稳定,有效抵御降雨侵蚀。

5 结语

雨季高速公路边坡防护施工是一项集勘察、设计、施工、管控于一体的系统性工程,受降雨入渗、径流冲刷、土体软化等多重因素影响,边坡失稳风险显著增高,施工难度加大。本文围绕雨季边坡施工存在的稳定性、排水、材料工艺等问题,从前期准备、主体施工、质量管控等方面系统梳理了关键技术要点。实践中,需强化雨前勘察评估与排水系统布设,严格把控加固支护、坡面防渗等核心工序,完善全过程监测与应急机制,落实质量安全管控。只有坚持技术可行、措施到位、管理精细,才能有效降低雨季施工风险,保障边坡结构稳定与运营安全,为高速公路整体工程质量提供坚实支撑。